Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Réponse des Sciences 2016/034

UTILISATION PROPOSÉE DE SAUMONS DE L'ATLANTIQUE TRIPLOÏDES DE SOUCHE EUROPÉENNE DANS DES CAGES D'AQUACULTURE EN MILIEU MARIN DANS LA BAIE PLACENTIA (T.-N.-L.)

Contexte

Le Canada a approuvé l'utilisation de poissons stériles pour atténuer les effets nocifs sur les saumons sauvages causés par l'aquaculture, le pacage, l'introduction, les transferts et les espèces transgéniques, conformément aux documents suivants de l'Organisation pour la conservation du saumon de l'Atlantique Nord : les protocoles de 1992 sur l'introduction et les transferts de salmonidés de la Commission nord-américaine [NAC(92)24], la résolution d'Oslo de 2002 [CNL15.147] et la résolution de Williamsburg [CNL(06)48]. [NAC/NASCO 1992].

En mars 2016, Grieg NL Nurseries (ci-après appelé le promoteur) a soumis à l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) et à Pêches et Océans Canada (MPO) une demande visant à importer de l'Islande des œufs de saumons de l'Atlantique triploïde. L'importation a été approuvée par l'ACIA, et un permis d'importation a été délivré au promoteur. L'émission d'un permis d'importation de l'ACIA signifie qu'un certificat d'exportation sera approuvé par l'autorité compétente de l'Islande; ce dernier attestera que les risques de maladie associés à l'importation d'animaux aquatiques de l'Islande ont été atténués. Le Comité des introductions et des transferts de Terre-Neuve-et-Labrador (CTI — un comité plurijuridictionnel comptant des membres du MPO ainsi que du ministère des Pêches et de l'Aquaculture de T.-N.-L. et du ministère de l'Environnement et de la Conservation) a fait une évaluation des risques de la demande d'importation aux termes du Code national sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques du Conseil canadien des ministres des pêches et de l'aquaculture, selon les conclusions du processus de 2013 du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) 2013 et les récentes publications scientifiques sur les caractéristiques de rendement, les effets génétiques et écologiques et les agents pathogènes, qui visaient les saumons triploïdes.

En avril 2016, Gestion de l'aquaculture de la Direction des écosystèmes, Région T.-N.-L. a demandé à la Direction des sciences de mener un examen par les pairs de l'évaluation des risques du Comité des introductions et des transferts en ce qui a trait aux éléments suivants :

1. Fournir un examen scientifique de l'évaluation des risques du Comité des introductions et des transferts de Terre-Neuve-et-Labrador sur les saumons de l'Atlantique triploïdes d'origine européenne ainsi qu'un avis scientifique sur les risques génétiques, écologiques et sur la santé des poissons liés à l'introduction proposée de saumons de l'Atlantique triploïdes d'origine européenne dans la baie Placentia, à Terre-Neuve-et-Labrador.

Plus précisément :

2. Caractériser l'efficacité de la triploïdisation chez les poissons. Fournir des avis sur les mesures de surveillance de la triploïdie, y compris les protocoles d'échantillonnage, la taille nécessaire des échantillons et l'efficacité statistique, afin de veiller à ce que les niveaux de triploïdisation soient acceptables (c.-à-d. 100 %).

3. Examiner et fournir des avis sur le fondement scientifique des prévisions sur les effets associés aux possibles évasions de saumons triploïdes et aux effets subséquents des saumons stériles et possiblement non stériles de souche européenne sur les saumons de l'Atlantique de Terre-Neuve-et-Labrador, y compris les effets génétiques (directs et indirects), écologiques et sur la santé des poissons.
4. L'avis scientifique peut également proposer des mesures d'atténuation pour réduire davantage le risque d'effets découlant de l'introduction de la souche européenne de saumons de l'Atlantique triploïdes dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador.
5. Donner des conseils sur les nouveaux renseignements importants qui pourraient avoir une incidence en matière d'effets génétiques et écologiques sur les populations sauvages et qui pourraient devoir être ajoutés au document existant sur l'évaluation des risques.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse de Sciences du 25 mai 2016 sur l'Examen de l'évaluation des risques du Comité des introductions et des transferts sur l'utilisation proposée de saumons de l'Atlantique triploïdes de souche européenne dans l'aquaculture en cage en milieu marin dans la baie Placentia, à Terre-Neuve-et-Labrador.

Renseignements de base

En 2013, la Direction des sciences de Pêches et Océans Canada (MPO) a examiné les effets potentiels de l'utilisation de saumons domestiqués d'origine européenne sur le saumon sauvage de l'Atlantique et son habitat dans les eaux de Terre-Neuve. L'examen a révélé que le croisement entre les fugitifs d'origine européenne et les saumons sauvages de T.-N.-L. aurait des conséquences génétiques et phénotypiques qui entraineraient probablement une réduction de la diversité génétique et une diminution de la valeur sélective au sein des populations; cela aurait une incidence sur les caractéristiques, l'abondance et la viabilité des populations sauvages indigènes (MPO 2013). Il a aussi permis de déterminer que la production commerciale de saumons triploïdes stériles réduirait la probabilité d'effets génétiques directs entre les saumons fugitifs et les populations de poissons sauvages et que le taux de migration en eau douce serait alors plus bas; cela entraînerait une réduction de la proportion de saumons d'élevage fugitifs (adultes) qui retournent aux rivières et de l'étendue possible de l'interférence dans la reproduction. Il faut faire d'autres comparaisons pour évaluer le rendement en milieu marin, la résistance aux agents pathogènes, la transmission des maladies, les effets écologiques, les coûts associés à la surveillance ainsi que les techniques d'élevage afin d'optimiser le rendement.

Projet proposé

Le promoteur propose d'investir dans l'aquaculture dans la baie Placentia, à Terre-Neuve afin de produire annuellement 33 000 t de saumon de l'Atlantique. Le projet comprend une écloserie en circuit fermé à Maryston, onze sites marins dans la baie Placentia, dont deux sites proposés pour la production saisonnière uniquement et un plan quinquennal de production avec des niveaux de stock passant de 2 à 7 millions de poissons par année au cours de cette période. Pour atteindre les niveaux de production proposés, le promoteur devra importer 8 millions d'œufs de saumons triploïdes annuellement de Stofnfiskur Ltd. en Islande pour s'assurer d'avoir les 7 millions de saumoneaux requis pour remplir les cages en milieu marin, en raison de la perte prévue durant la phase d'écloserie (c.-à-d., survie des œufs jusqu'au stade de saumoneau).

La stratégie de production prévoit d'étendre l'élevage en écloserie afin d'alimenter les quatre sites piscicoles en saumoneaux et post-saumoneaux des différentes classes d'âge d'œufs pour atteindre environ 7 millions de poissons durant les périodes de production de pointe. Au printemps, deux sites recevront jusqu'à deux millions de poissons de 300 à 450 g environ; un site recevra jusqu'à deux millions de poissons d'environ 600 g à l'automne. Au printemps suivant un site recevra jusqu'à un million de poissons de 1 500 g pour un grossissement sans hivernage. Cette stratégie vise à réduire la période d'élevage en milieu marin et à minimiser la conservation des poissons dans des sites marins durant les périodes d'hiver. L'utilisation d'une souche de saumons domestiqués d'origine européenne, l'introduction en cage en mer de gros saumoneaux et de post-saumoneaux et la production en une seule saison sont des méthodes sans précédent et non éprouvées dans l'industrie aquacole du saumon de Terre-Neuve-et-Labrador.

Le début de la production est prévu pour l'automne 2016, si le processus d'évaluation environnementale de T.-N.-L. est terminé, et le remplissage des cages en mer devrait débuter au printemps de 2018.

En plus d'appliquer les mesures de confinement prévues dans *le Code of Containment for the Culture of Salmonids in Newfoundland and Labrador* (Code de confinement des salmonidés d'élevage de T.-N.-L), le promoteur prévoit utiliser le système de cages Aqualine Midgard, conçu pour excéder les normes techniques norvégiennes pour les systèmes de cages (NS 9415; Standard Norge 2009). Aqualine soutient que ce système est à l'épreuve des évasions, en se fondant sur le fait qu'aucune évasion n'a été rapportée dans les 450 installations existantes en Écosse, en Norvège, en Islande et aux îles Féroé. Le système est nouveau pour l'industrie aquacole du saumon de Terre-Neuve-et-Labrador et semble plus robuste que les systèmes de cages actuels, selon les inspecteurs provinciaux qui ont visité les exploitations de Norvège qui utilisent le système Midgard (Elizabeth Barlow, ministère des Pêches et de l'aquaculture, comm. pers.). La norme exige que les sites soient classifiés en fonction des conditions environnementales ou océanographiques et que les composantes principales du site d'élevage soient certifiées pour les conditions du site avant leur installation. L'adoption de la norme technique norvégienne est considérée comme un facteur ayant fortement contribué à réduire le nombre de poissons fugitifs et d'évasions (Bridger *et al.*2015).

Lieu du projet

La baie Placentia est une grande échancrure sur la côte sud-est de l'île de Terre-Neuve, mesurant environ 130 km de long et 100 km de large à l'embouchure sud de la baie (figure 1). La température de l'eau y est généralement adéquate pour la salmoniculture (Barton 1996), selon les données quotidiennes sur la température de l'eau de mer mesurées par satellite de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (figure 2).

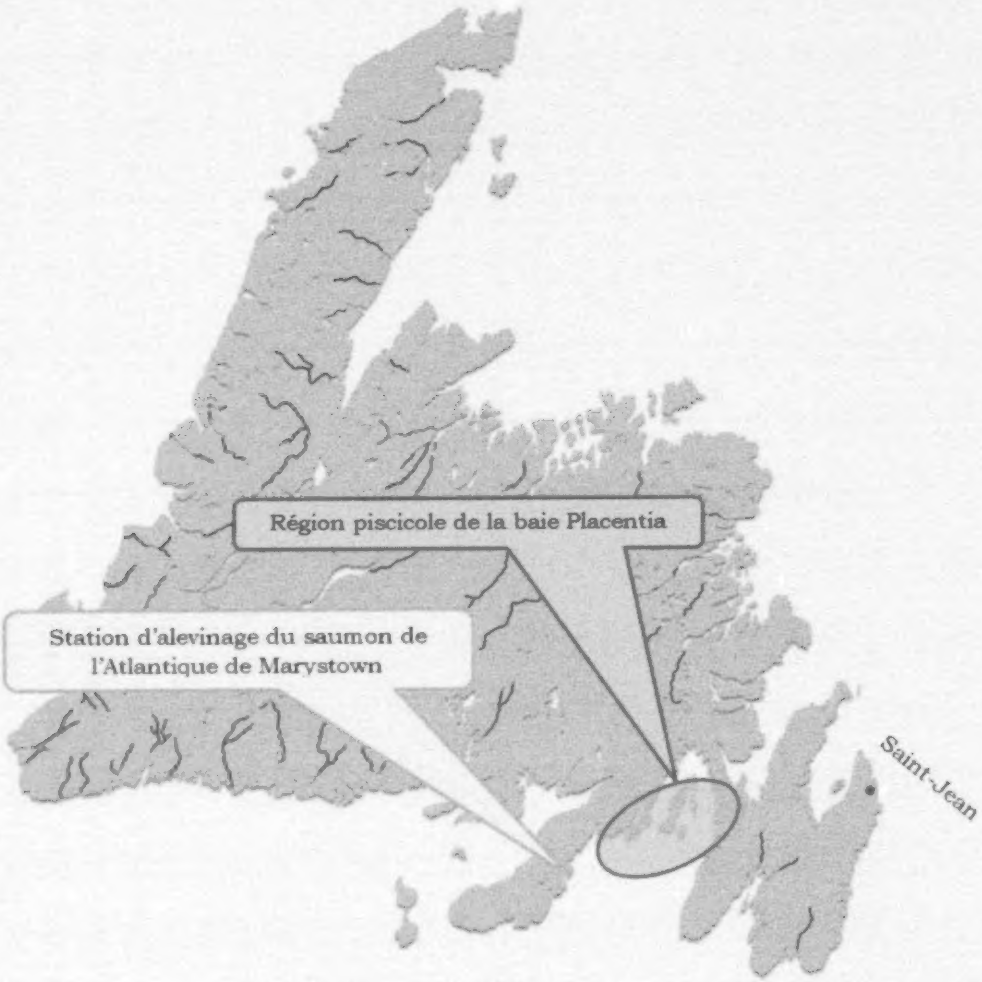

Figure 1. Emplacement proposé des exploitation aquacoles et de l'écloserie du saumon proposées.

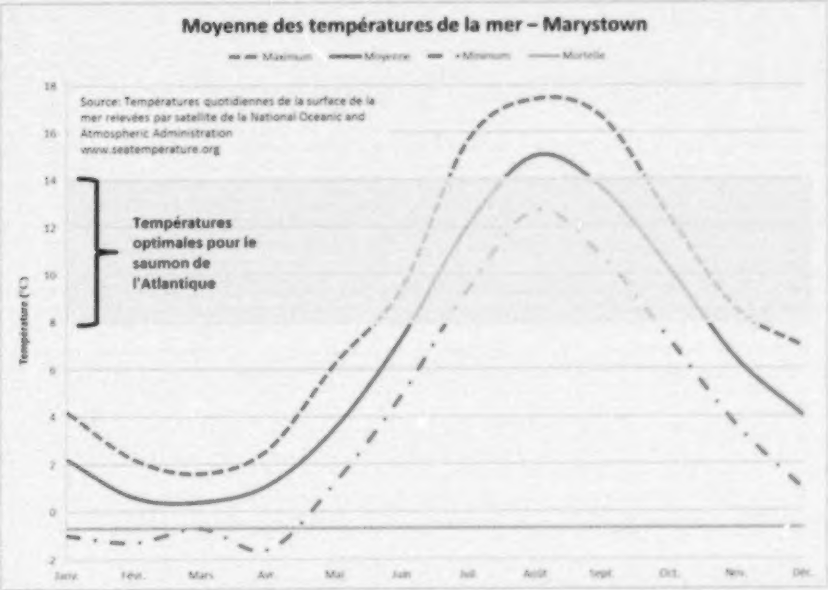

Figure 2. Températures moyennes annuelles de l'eau de mer en surface à Marystown, dans la baie Placentia, illustrant les limites de température optimales et mortelles pour le saumon de l'Atlantique. Source : World Sea Temperatures.

Les exploitations salmonicoles proposées sont réparties entre les quatre zones de gestion des baies (ZGB) proposées (figure 3) : deux sites saisonniers le long de la côte est de la baie près de Long Harbour (ZGV Long Harbour), trois sites dans la zone du chenal central (ZGB île Red), trois sites du côté nord-ouest (ZGB Merasheen) et trois sites du côté ouest de la baie (ZGB Rushoon). Actuellement, le Canada ne compte aucune installation d'aquaculture dans la baie Placentia.

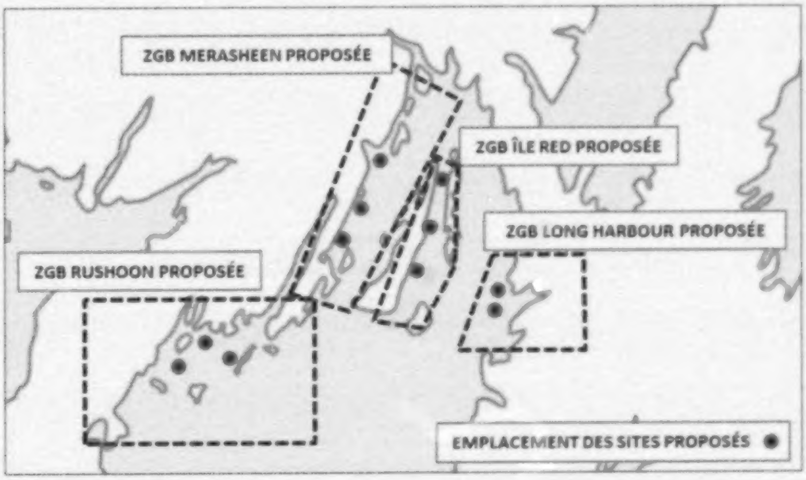

Figure 3. Emplacements proposés des cages en mer dans la baie Placentia et zones de gestion des baies.

Biologie des triploïdes

Les organismes triploïdes ont trois séries de chromosomes au lieu des deux habituels (organismes diploïdes). Durant les processus normaux de gamétogénèse et de fertilisation, les œufs de poissons ont deux séries de chromosomes maternels jusqu'au moment de la fertilisation. Après la méiose, une série complète de chromosomes maternels (globule polaire) est éjectée de l'œuf. Si cette dernière étape est bloquée, les ovules fécondés se développent avec deux séries de chromosomes maternels et une série de chromosomes paternels, ce qui rend les œufs triploïdes. L'application d'une pression hydrostatique est présentement la technologie la plus courante et fiable d'induction de la triploïdie, puisqu'elle est plus facile à reproduire dans les opérations commerciales.

Les saumons de l'Atlantique chez qui la triploïdie est induite efficacement sont biologiquement stériles (c.-à-d. qu'ils sont incapables de produire une progéniture viable). Chez les femelles triploïdes, le développement des ovules s'arrête généralement au début de la gamétogénèse, ce qui entraîne une stérilité fonctionnelle et la conservation du profil endocrinien des poissons juvéniles. On a toutefois estimé que 0,1 % de femelles triploïdes pouvaient produire des ovules de taille variables pouvant être fertilisés par le sperme de mâles diploïdes; les individus résultants sont aneuploïdes (c.-à-d., a une quantité de chromosomes qui n'est pas un multiple exact d'un haploïde) et risquent donc de mourir durant les premiers stades de développement.

Les mâles triploïdes sont passablement différents. Chez ces individus, la spermatogénèse se poursuit durant la méiose. Les poissons peuvent développer des testicules fonctionnels et exprimer des profils endocriniens identiques à ceux des mâles diploïdes à maturité, mais ils produisent du sperme aneuploïde. Ces cellules sont fonctionnelles et peuvent fertiliser des œufs, mais les embryons résultants sont aneuploïdes et sont susceptibles de mourir au début de leur développement.

La triploïdie n'a pas d'effet phénotypique sur la population autre que la stérilité, même si les caractéristiques de la culture commerciale des triploïdes sont plus variables que celle des diploïdes. S'ils sont libérés dans la nature, les triploïdes risquent moins de supplanter ou de déplacer le saumon indigène, en raison des différentes physiologiques et comportementales associées à la triploïdie. Il demeure certaines incertitudes en ce qui a trait à la résistance aux maladies et au potentiel de ces individus de devenir des réservoirs pour la propagation d'agents pathogènes dans les populations sauvages.

Analyse et réponse

En 2013, le Secteur des sciences du MPO a procédé à un examen par les pairs des effets potentiels de l'utilisation de saumons domestiqués de souche européenne sur le saumon sauvage de l'Atlantique et son habitat à Terre-Neuve-et-Labrador. La présente analyse porte sur l'évaluation des risques à ces saumons triploïdes effectuée par le CTI de T.-N.-L. et a pour but de fournir des conseils scientifiques sur les risques directs et indirects que présente leur introduction dans la baie Platentia à Terre-Neuve-et-Labrador pour la génétique, l'écologie et la santé des saumons de l'Atlantique sauvages. L'examen porte sur les quatre objectifs précis cités dans le mandat de ce processus de réponse des Sciences.

Caractériser l'efficacité de la triploïdisation chez les poissons. Fournir des avis sur les mesures de surveillance de la triploïdie, y compris les protocoles d'échantillonnage, la taille nécessaire des échantillons et l'efficacité statistique,

afin de veiller à ce que les niveaux de triploïdisation soient acceptables (c.-à-d. 100 %).

L'utilisation proposée de poissons stériles (triploïdes) de souche européenne dans des cages en mer dans la baie Placentia réduit considérablement le nombre de poissons aptes à la reproduction qui, s'ils s'échappaient, pourraient avoir des effets génétiques directs sur les populations sauvages de saumon de l'Atlantique. L'induction commerciale de la triploïdie dans les œufs de saumons peut approcher 100 %, si des procédures opérationnelles normalisées (PON) et des protocoles de surveillance sont utilisés.

Une démonstration du taux d'induction de 100 % des triploïdes n'est pas pratique puisqu'il faudrait tester tous les individus en utilisant des méthodes de vérification destructrices aux étapes embryo-larvaires. L'entreprise d'approvisionnement produit des familles d'œufs triploïdes en appliquant une pression hydrostatique aux œufs fécondés des femelles puis procède à un échantillonnage pour confirmer l'induction de la triploïdie à l'aide de la cytométrie de flux. C'est la méthode la plus fiable; selon la fécondité attendue, le nombre d'œufs pourrait atteindre 8 000 par femelle. **Les procédures normales d'exploitation pour l'induction et la vérification de la triploïdie et la vérification devraient être soumises afin qu'elles puissent être rigoureusement évaluées.** Pour que les taux affirmés de triploïdie de près de 100 % soient réputés fiables, chaque famille devra faire l'objet d'essais et la taille de l'échantillon devra être plus grande que celle proposée actuellement par l'entreprise d'approvisionnement en œufs.

La taille minimale des échantillons requis pour obtenir une probabilité donnée de trouver au moins un triploïde incomplet à des taux d'efficacité de la triploïdisation donnés peut être calculée à l'aide de l'approximation de Poisson d'une distribution binomiale fondée sur les éléments suivants :

$$n \approx -\frac{\ln(1-\gamma)}{p}$$

Où γ = probabilité de trouver au moins une défectuosité ou un échec de la triploïdisation et

P = proportion estimée de triploïdes défectueux ou d'échecs de la triploïdisation dans la population.

Les tailles des échantillons sont fournies dans le tableau 1. **La cytométrie de flux est la méthode de confirmation de choix puisqu'elle donne des résultats non ambigus.**

Tableau 1. Taille de l'échantillon requis pour une probabilité donnée de trouver au moins un échec de la triploïdisation par lot (environ 8 000 œufs) à différents niveaux présumés d'efficacité de la triploïdisation.

Taux d'efficacité présumés de la triploïdisation	*P*	$\gamma_{=0,5}$	$\gamma_{=0,9}$	$\gamma_{=0,95}$	$\gamma_{=0,98}$	$\gamma_{=0,99}$
98 %	0,02	35	115	150	196	230
99 %	0,01	69	230	300	391	461
99,9 %	0,001	693	2 303	2 996	3 912	4 605

Si un système d'échantillonnage de rechange et des tailles des échantillons différents sont proposés, ils devraient être accompagnés d'une explication statistique de la méthode choisie.

Il est important de tenir compte des autres produits existants d'induction de la triploïdie et de leurs effets potentiels. Une des conséquences d'une triploïdisation ratée est le développement

d'embryons aneuploïdes, qui meurent durant les premières étapes du développement. Par conséquent, la contribution de ces échecs de la triploïdisation aux risques génétiques ou écologiques devrait être faible.

Si, durant l'induction de la triploïdie, le deuxième globule polaire n'est pas conservé, l'individu résultant peut être un mâle ou une femelle triploïde, puisqu'une seule série de chromosomes de chacun parent est présente dans l'œuf fertilisé. On s'attend à ce que de tels poissons diploïdes aient le même potentiel de reproduction que les mâles et les femelles diploïdes produits sans pression hydrostatique, comme le révèle le processus du Secrétariat canadien de consultation scientifique de 2013 (MPO 2013).

Une induction incomplète peut également produire des œufs ne contenant que les chromosomes maternels (gynogènes) où il n'y a pas de contribution génétique paternelle. Ces gynogènes peuvent devenir des femelles fonctionnelles fertiles, mais les rapports révèlent qu'elles ont un taux de survie plus faible (Pepper *et al.* 2004) et possiblement un potentiel reproductif plus faible (Piferrer *et al.* 1994). L'évaluation des risques suppose cependant qu'elles ont le même potentiel de reproduction que les femelles diploïdes. Bien que cette supposition dans l'évaluation des risques représente le pire scénario, il est fort probable qu'une telle situation entraîne une viabilité générale plus faible, mais que certains individus soient aussi viables que des diploïdes sauvages.

Même si les saumons de l'Atlantique triploïdes sont biologiquement stériles, il existe un certain risque génétique indirect associé aux mâles triploïdes capables de produire du sperme aneuploïde. Dans de tels cas, la progéniture résultante serait toutefois également aneuploïde. La réduction potentielle de l'abondance des œufs sauvages éliminée par l'activation des mâles triploïdes peut être un facteur important. Toutefois, d'autres influences (abordées plus loin dans la prochaine section) sont susceptibles de réduire cette possibilité.

Les femelles triploïdes sont presque invariablement stériles, avec un très faible pourcentage en mesure de produire des œufs de taille variable; toutefois, les embryons résultants meurent rapidement et par conséquent, présentent peu de risque pour les populations sauvages. Malgré la faible probabilité que des saumons triploïdes fugitifs aient un contact avec saumon sauvage en frai et aient des répercussions génétiques, l'utilisation de saumons de l'Atlantique triploïdes femelles, à l'exclusion de tous les mâles, éliminerait le potentiel d'activation des œufs de saumons sauvages et de réduction du nombre d'œufs disponibles pour les saumons sauvages mâles. Par conséquent, la recommandation du processus du MPO 2013 concernant **l'utilisation de femelles triploïdes de saumons de l'Atlantique est réaffirmée.**

Il est peu probable que la méthode de pression hydrostatique permette de façon uniforme d'atteindre un taux de triploïdisation de 100 %. Par conséquent, un faible nombre de saumons diploïdes seront présents dans les lots produits avec cette méthode. La principale question consiste donc à déterminer si le nombre de diploïdes dans une population de fugitifs est suffisant pour qu'il y ait un croisement avec les populations locales et des répercussions sur leur valeur sélective. Il faut donc envisager de procéder à un examen des données d'évasion parallèlement avec les taux de réussite de la triploïdisation et la taille des populations locales. Un faible nombre de saumons diploïdes entrant dans une vaste population sauvage auront probablement une incidence minimale (la population peut trier les génotypes inadaptés dans les quelques hybrides de la prochaine génération). Cependant, l'introduction d'un grand nombre de fugitifs diploïdes dans une petite population, ou même de quelques fugitifs diploïdes dans une très petite population, pourrait faire disparaître très rapidement la structure adaptative de la population.

Examiner et fournir des avis sur le fondement scientifique des prévisions sur les effets associés aux possibles évasions de saumons triploïdes et aux effets subséquents des saumons stériles et possiblement non stériles de souche européenne sur les saumons de l'Atlantique de Terre-Neuve-et-Labrador, y compris les effets génétiques (directs et indirects), écologiques et sur la santé des poissons.

Nonobstant le niveau d'induction de la triploïdie, la proportion de poissons fugitifs aptes à la reproduction qui pourrait avoir des conséquences génétiques directes dépend d'un certain nombre de variables, notamment la distribution des poissons d'élevage (nombre de sites et de cages par site), le mécanisme d'évasion, le volume d'évasion, la période de l'année, l'emplacement des sites d'évasion, l'étape du cycle de vie, la capacité de survie, l'accès et la proximité d'un site de frai, l'accès à des saumons sauvages en frai et la survie de la progéniture.

L'utilisation de saumons triploïdes de souche européenne ou nord-américaine permettrait d'éliminer ou de réduire considérablement les impacts génétiques et a été mentionnée dans le processus du Secrétariat canadien de consultation scientifique de 2013 du MPO comme une mesure d'atténuation possible des risques (figure 4; Verspoor et al. 2015). Les impacts écologiques et génétiques indirects supplémentaires seraient réduits grâce à l'utilisation de femelles triploïdes uniquement. Les saumons triploïdes de souche européenne n'ont jamais été utilisés auparavant dans l'industrie aquacole de Terre-Neuve-et-Labrador; les risques écologiques et génétiques indirects pour les saumons diploïdes sont largement inconnus.

La reproduction entre les femelles et les mâles triploïdes n'a jamais été observée chez les salmonidés. Par conséquent, il est très peu probable qu'une telle activité ait une incidence sur la reproduction naturelle du saumon sauvage. Toute reproduction entre un saumon diploïde et un saumon triploïde (mâle ou femelle) résulterait en une progéniture aneuploïde, qui ne survivrait probablement pas aux premières étapes de développement.

Les impacts génétiques indirects sont atténués par différents facteurs. Par exemple, lorsque des saumons triploïdes entrent dans les rivières, leur distribution dans les tronçons inférieurs est typique de celle des fugitifs diploïdes immatures (Glover et al. 2016). Il est peu probable que les saumons triploïdes tentent de participer au frai des saumons sauvages et le perturbent.

Les résultats de la caractérisation triploïdes-diploïdes des fugitifs (Glover et al. 2016), combinées aux études sur la libération de saumoneaux et d'adultes triploïdes et diploïdes (Cotter et al. 2000, Wilkins et al. 2001) laissent entendre que la production commerciale des triploïdes limitera l'introgression génétique et réduira considérablement la fréquence de la pénétration des fugitifs dans les rivières, ce qui permettra de réduire les interactions écologiques en limitant la concurrence pour le frai et la transmission potentielle des maladies.

Si le système Aquatrine Midgard se révèle plus efficace que les pratiques de confinement actuelles, l'incidence des évasions et les taux d'évasion devraient également diminuer. Toutefois, ce système de cages est nouveau dans l'industrie aquacole de la province et n'a pas été évalué dans l'environnement de Terre-Neuve-et-Labrador. Par conséquent, **des essais en mer avec le système Aquatrine Midgard sont recommandés avant le début des opérations commerciales à grande échelle.**

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

1. [illegible]
2. [illegible]
3. [illegible]

[illegible]

- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]

[illegible]

[illegible]

L'application d'une pression hydrostatique est la technologie la plus courante d'induction de la triploïdie puisqu'elle est plus facile à reproduire dans les opérations commerciales. Il existe d'autres technologies, mais elles ne sont pas encore utilisables commercialement. **À mesure que de nouvelles technologies et méthodes de vérification de l'induction de la triploïdie deviendront disponibles, les protocoles actuels devront être réexaminés et révisés en conséquence.**

Les recherches sur la nutrition, l'élaboration de rations commerciales propres aux triploïdes et les améliorations de la production d'élevage et de la génétique ont permis d'augmenter les taux de croissance des triploïdes et de réduire l'incidence des cataractes et des difformités squelettiques chez les post-saumoneaux (Benfey 2015). **L'industrie de l'aquaculture commerciale de T.-N.-L. doit demeurer à jour dans ces domaines.**

Sources d'incertitude

Les sources d'incertitudes propres à ce projet et à l'environnement de Terre-Neuve-et-Labrador ont été cernées :

- Même s'il est préférable d'avoir une population de triploïdes entièrement composée de femelles, on ne sait pas si le promoteur entend utiliser uniquement des femelles ou une combinaison d'œufs triploïdes des deux sexes.
- Il faudra consulter l'entreprise d'approvisionnement en œufs et faire d'autres analyses pour déterminer la taille de l'échantillon et le niveau d'efficacité statistique requis pour atteindre des niveaux de triploïdie acceptable (près de 100 %). **De plus, les taux de triploïdie devraient être réévalués avant le transfert des poissons vers les cages en mer.**
- Le rendement du nouveau système de cages proposé dans le sud de Terre-Neuve est inconnu et même si l'on s'attend à ce qu'il fonctionne bien, sinon mieux que les systèmes existants, il n'y a aucune donnée sur son rendement.
- L'état des populations de saumons sauvages dans la baie Placentia est incertain, puisqu'il n'y a qu'une installation d'évaluation et que les données de référence sont limitées. Les risques sont élevés pour les petites populations en déclin.
- En raison de la tolérance réduite aux facteurs de stress subléthaux et de l'origine européenne des poissons d'élevage, les effets des différences dans la susceptibilité aux agents pathogènes endémiques sont inconnus.
- Le rendement relatif des souches d'origine européenne par rapport aux souches d'origine nord-américaines connues (c.-à-d. Saint John, Gaspé et Penobscot) pour l'aquaculture dans l'environnement de T.-N.-L. est inconnu et devrait être évalué en fonction des eaux froides dans lesquelles vivront les poissons.

S'il y a eu des recherches et des études pilotes sur le saumon de l'Atlantique triploïde, l'élevage commercial des saumons triploïdes est limité. Par conséquent, il existe des lacunes en matière de connaissances des interactions génétiques directes et indirectes et des interactions écologiques entre les populations de triploïdes et les populations de saumons sauvages de l'Atlantique. Les sources d'incertitudes suivantes ont été relevées :

- Il y a une certaine incertitude quant aux différences dans le succès reproducteur entre les poissons d'élevage, les poissons sauvages et les hybrides dans la nature, la portée des interactions de compétition entre les poissons d'élevage et sauvages dans la nature, leur

effet sur la survie des poissons sauvages, et l'impact de l'effectif de la population locale sur les résultats des interactions.

- L'effet cumulatif des évasions chroniques de quelques individus est inconnu et difficile à évaluer parce qu'elles sont difficiles à repérer et à surveiller dans les sites individuels, mais des études de modélisation démontrent que ces évasions chroniques de quelques individus peuvent représenter un problème plus grave qu'une seule évasion massive.
- Le destin des poissons d'élevage fugitif dans les environnements d'eau salée et d'eau douce est incertain, notamment en ce qui concerne les modèles de dispersion, les taux de survie, l'alimentation, les mouvements dans les rivières à saumon sauvage, le moment de la maturation et la réussite de la maturation. **On recommande au promoteur de s'assurer que des études visant à déterminer la structure génétique de populations de saumon existantes dans la baie Placentia et à établir des valeurs de référence soient effectuées avant la production commerciale.**
- Le succès potentiel de la reproduction des saumons sauvages et des saumons diploïdes d'origine européenne évadés des sites d'élevage (les poissons à triploïdisation manquée) et la force de la sélection naturelle contre les hybrides sont inconnus. Ces facteurs permettront de déterminer le coût démographique de l'hybridation et le temps qu'il faut pour que les allèles des poissons d'élevage soient éliminés des populations sauvages.

Conclusions

Conformément à la documentation actuelle et au processus du Secrétariat canadien de consultation scientifique de 2013 du MPO, la production commerciale d'une population de saumons triploïdes composée uniquement de femelles est un moyen efficace pour réduire de façon significative les impacts génétiques directs pour les populations de saumons sauvages, mais il est impossible de déterminer avec certitude si cela permettrait de réduire les effets génétiques indirects, les impacts écologiques ou les impacts sur la santé des poissons. L'utilisation de triploïdes des deux sexes ne permet pas de réduire les risques génétiques indirects ou écologies pour la population de saumons sauvages de l'Atlantique dans la même mesure que l'utilisation de triploïdes femelles uniquement. L'utilisation de saumons de l'Atlantique triploïdes femelles uniquement permettrait d'éliminer complètement les mâles diploïdes et triploïdes des populations d'élevage et éliminerait les risques génétiques et écologiques associés aux comportements reproducteurs des mâles d'élevage fugitifs. D'autres impacts écologiques pourraient toutefois demeurer. Toute évasion de saumons de l'Atlantique triploïdes devrait être suivie d'un programme de surveillance afin de fournir des données empiriques permettant de vérifier les prévisions faites par Benfey (2015), et provenant du processus du Secrétariat canadien de consultation scientifique de 2013 du MPO.

Il est peu probable que les méthodes d'induction actuelles de la triploïdie aient un taux de réussite de 100 % (aucun diploïde) dans toutes les familles. Le niveau actuel d'échantillonnage par l'entreprise d'approvisionnement en œufs est insuffisant pour déterminer le succès de l'induction de la triploïdie. Un protocole d'échantillonnage de remplacement avec des échantillons de taille adéquate et des niveaux de signification doit être établir pour confirmer le niveau acceptable d'induction de la triploïdie, avec des échantillonnages de suivi potentiels avant le transfert des poissons de l'écloserie aux cages en mer. Les tailles des échantillons requises pour détecter les diploïdes dans les familles de triploïdes présumés à 98-99,9 % d'efficacité de l'induction de la triploïdie ont été calculés dans le cadre de ce processus du Secrétariat canadien de consultation scientifique (voir le tableau 1).

Afin de réduire les risques d'évasion causés par des défaillances structurelles ou opérationnelles, les mesures du « Code de confinement » doivent continuer de s'appliquer et être examinées à la lumière des mesures de confinement en eau salée recommandées dans le processus de 2013 du MPO (Bridger *et al.* 2015). Si le système Aqualine Midgard s'avérait plus efficace que les pratiques actuelles de confinement, la fréquence et le taux d'évasion devraient également être réduits. Toutefois, ce système de cages est nouveau dans l'industrie aquacole de la province et n'a pas été évalué dans l'environnement de Terre-Neuve-et-Labrador. Par conséquent, des essais en mer sont recommandés avant le début des opérations commerciales à grande échelle.

L'évaluation des risques du CTI est complète, dans la mesure du possible et est fondée sur les renseignements disponibles; cependant, il demeure des incertitudes et des lacunes dans les connaissances sur les impacts des saumons de l'Atlantique triploïdes de souche européenne sur les saumons sauvages de l'Atlantique de Terre-Neuve-et-Labrador. Le processus consultatif actuel a permis de faire plusieurs recommandations et de cerner des mesures d'atténuation visant à réduire au minimum les conséquences écologiques et génétiques des interactions entre les saumons sauvages et les saumons d'élevage. Des études scientifiques sont recommandées pour faire la lumière sur les facteurs inconnus.

Collaborateurs

Nom	Affiliation
Dale Richards	Président de la rencontre et Centre des avis scientifiques — Région de T.-N.-L.
James Meade	Centre des avis scientifiques — Région de T.-N.-L.
Erika Parrill	Centre des avis scientifiques — Région de T.-N.-L.
Geoff Perry	Direction de la gestion des écosystèmes (Pêches et Océans Canada), région de Terre-Neuve-et-Labrador
Christopher Hendry	Direction de la gestion des écosystèmes (Pêches et Océans Canada), région de Terre-Neuve-et-Labrador
Ellen Careen	Direction de la gestion des écosystèmes (Pêches et Océans Canada), région de Terre-Neuve-et-Labrador
Dounia Hamoutene	Direction des sciences (Pêches et Océans Canada), région de Terre-Neuve-et-Labrador
Jay Parsons	Direction des sciences (Pêches et Océans Canada) — Administration centrale nationale
Carole Grant	Direction des sciences (Pêches et Océans Canada), région de Terre-Neuve-et-Labrador
Brian Dempson	Direction des sciences (Pêches et Océans Canada), région de Terre-Neuve-et-Labrador
Ian Bradbury	Direction des sciences (Pêches et Océans Canada), région de Terre-Neuve-et-Labrador
Charles Sacobie	Université du Nouveau-Brunswick
Tillmann Benfey	Université du Nouveau-Brunswick
Daryl Whelan	Ministère des Pêches et de l'Aquaculture
Ian Fleming	Université Memorial

Approuvé par

Barry McCallum
Directeur régional des Sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pêches et Océans Canada

9 juin 2016

Sources de renseignements

Barton, B.A. 1996. General Biology of Salmonids. pp. 29-96. *In* Principles of Salmonid Culture. W. Pennell and B.A. Barton, Eds. Elsevier. Amsterdam. 1039 p.

Baskett, M.L., Burgess, S.C., Waples, R.S. 2013. Assessing strategies to minimize unintended fitness consequences of aquaculture on wild populations. Evolutionary Applications 6: 1090-1108.

Benfey, T.J. 2015. Biocontainment measures to reduce/mitigate potential post-escape interactions between cultured European-origin and wild native Atlantic Salmon in Newfoundland. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/003. v + 28 p.

Bridger, C.J., Fredriksson, D.W., Jensen, Ø. 2015. Physical containment approaches to mitigate potential escape of European-origin Atlantic Salmon in south coast Newfoundland aquaculture operations. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/072. vi + 54 p.

Cotter, D., O'Donovan, V., O'Maoileidigh, N., Rogan, G., Roche, N., Wilkins, N.P. 2000. An evaluation of the use of triploid Atlantic Salmon (*Salmo salar L.*) in minimising the impact of escaped farmed salmon on wild populations. Aquaculture 186: 61-75.

MPO. 2013. Effets potentiels entourant l'importation de saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne sur les populations et les habitats du saumon de l'Atlantique à Terre-Neuve. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2013/050.

MPO. 2016. Mise à jour de l'état des stocks de saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) à Terre-Neuve-et-Labrador pour 2015. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2016/020.

Glover, K.A., Bos, J.B., Urdal, K., Madhun, A.S., Sørvik, A.G.E., Unneland, L., Seliussen, B.B., Skaala, Ø., Skilbrei, O.T., Tang, Y., Wennevik, V. 2016. Genetic screening of farmed Atlantic Salmon escapees demonstrates that triploid fish display reduced migration to freshwater. Biol Invasions. DOI 10.1007/s10530-016-1066-9.

NAC/NASCO. 1992. North American Commission protocols for the introduction and transfer of salmonids. North Atlantic Salmon Conservation Organization, Edinburgh, Scotland: NAC(92)24. iii + 119 p.

Pepper, V.A., Nicholls, T., Collier, C. 2004. Reproductive technologies applied to Newfoundland salmonid aquaculture to enhance commercial production. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2541: v + 50 p.

Piferrer, M., Benfey, T., Donaldson, E. 1994. Gonadal morphology of normal and sex-reversed triploid and gynogenetic diploid coho salmon (*Onchorhynchus kisutch*). J. Fish Biol. 45, 541-553.

Standard Norge. 2009. Marine fish farms - Requirements for design, dimensioning, production, installation and operation. Norwegian Standard NS 9415.E:2009.

Thorstad, E.B., Fleming, I.A., McGinnity, P., Soto, D., Wennevik, V. Whoriskey, F. 2008. Incidence and impacts of escaped farmed Atlantic Salmon *Salmo salar* in nature. NINA Special Report 36. From the Techincal Working Group on escapes of the salmon aquaculture dialogue. 110 pp.

Verspoor, E., McGinnity, P., Bradbury, I., Glebe, B. 2015. The potential direct and indirect genetic consequences for native Newfoundland Atlantic Salmon from interbreeding with European-origin farm escapes. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/030. viii + 36 p.

Wilkins, N.P., Cotter, D., O'Maoileidigh, N. 2001. Ocean migration and recaptures of tagged, triploid, mixed-sex and all-female Atlantic Salmon (*Salmo salar L.*) released from rivers in Ireland. Genetica 111: 197-212.

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pêches et Océans Canada
C.P. 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1

Téléphone : 709-772-3332
Courriel : DFONLCentreforScienceAdvice@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-3815
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2016

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2016. Utilisation proposée de saumons de l'Atlantique triploïdes de souche européenne des cages d'aquaculture en milieu marin dans la baie Placentia (T.-N.-L.). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2016/034.

Aussi disponible en anglais :

DFO. 2016. Proposed Use of European-Strain Triploid Atlantic Salmon in Marine Cage Aquaculture in Placentia Bay, NL. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2016/034.